

หัวข้อวิจัย	การกำจัดสีในอุตสาหกรรมผลิตกลูโคสไซรัปด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ผลิตจากเถ้าหนักขาน้อย
ผู้ดำเนินการวิจัย	ดร.ปารินดา สุขสบาย และ รศ.ดร.ไพฑิพย์ อีร์เวชญาน
หน่วยงาน	หลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อมเมืองและอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ปีการศึกษา	2555

ในการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจะเตรียมถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากเถ้าหนักขาน้อยเพื่อดูดซับสีของกลูโคสไซรัปในขั้นตอนการกำจัดสี โดยการเตรียมถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดเตรียมโดยการนำเถ้าหนักขาน้อย มาผสม กลูโคสไซรัป และกากน้ำตาล ในอัตราส่วน 10:10:20 โดยน้ำหนักและ คลุกเคล้าให้เข้ากันและอัดให้เป็นก้อน จากนั้นนำไปผ่านขั้นตอนคาร์บอนไนเซชัน (carbonization) และการกระตุ้น (activation) ด้วยไอน้ำยิ่งยวดในขั้นตอนเดียว (one-stage pyrolysis) โดยการศึกษาจะนำส่วนผสมไปเผาคาร์บอนไนเซชันจนอุณหภูมิในเตามีอุณหภูมิสูงถึง 800 องศาเซลเซียส จากนั้นเริ่มต้นเผากระตุ้นทันทีด้วยไอน้ำ โดยการศึกษาให้ระยะเวลาการเผากระตุ้นด้วยไอน้ำต่างๆ กัน คือ 30 นาที (BBA-AC-30) และ 60 นาที (BBA-AC-60) ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณสารระเหยมีค่าลดลง ในขณะที่ปริมาณคาร์บอนคงตัว เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 56.02. เป็น ร้อยละ 59.73 เมื่อระยะเวลาการเผากระตุ้นด้วยไอน้ำเพิ่มสูงขึ้นจาก 30 นาที เป็น 60 นาที และการทดลองยังพบว่าเถ้าหนักขาน้อย มีคาร์บอนคงตัวเพียงร้อยละ 52.77 เท่านั้น และจากการศึกษาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากเถ้าหนักขาน้อย (BBA) พบว่า มีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น จาก 478.81 ตารางเมตรต่อกรัม เป็น 615.76 ตารางเมตรต่อกรัม เมื่อระยะเวลาการเผากระตุ้นด้วยไอน้ำที่ 800 องศาเซลเซียสจาก 30 นาที เป็น 60 นาที และได้ทำการวิเคราะห์ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเถ้าหนักขาน้อยพบว่ามีค่าเพียง 282.28 ตารางเมตรต่อกรัม รูพรุนของถ่านกัมมันต์จากเถ้าหนักขาน้อยมีขนาดรูพรุนประมาณ 30.61-31.42 อังสตรอม ซึ่งถูกจัดเป็นรูพรุนขนาดกลาง (mesopore) ซึ่งเหมาะสมในการดูดซับสีของกลูโคสไซรัป

ระยะเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับสีของกลูโคสไซรัปด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ผลิตจากเถ้าหนักขาน้อยที่ระยะเวลาการเผากระตุ้นด้วยไอน้ำที่ระยะเวลา 30 นาที (BFA-AC-30) และ ที่ระยะเวลาการเผากระตุ้นด้วยไอน้ำที่ระยะเวลา 60 นาที (BFA-AC-60) คือ 120 นาที แต่อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการดูดซับสีกลูโคสไซรัปด้วยถ่านกัมมันต์จากเถ้าหนักขาน้อยชนิด BBA-AC-60 มีประสิทธิภาพการกำจัดสีกลูโคสไซรัป เท่ากับร้อยละ 90.63 ± 0.19 ซึ่งสูงกว่า การดูดซับสีกลูโคสไซรัปด้วยถ่านกัมมันต์ BBA-AC-30 (ร้อยละ 73.11 ± 0.09) เนื่องจากมีพื้นที่ผิว

จำเพาะที่สูงกว่า และผลการศึกษาความสูงของถ่านกัมมันต์ชนิดเกิดจากเถาหนักชานอ้อยในคอลัมน์ต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีกลูโคสไครป์พบว่า เมื่อความสูงของถ่านกัมมันต์จากเถาหนักชานอ้อยเพิ่มสูงขึ้น จาก 2.75 เซนติเมตร เป็น 5.5 เซนติเมตร จะทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับสีกลูโคสไครป์มีค่าเพิ่มสูงขึ้น

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับสีกลูโคสไครป์ของถ่านกัมมันต์ชนิดเกิดจากเถาหนักชานอ้อยชนิด BBA-AC-60 กับตัวดูดซับอื่นๆ เช่น เถาหนักชานอ้อย และถ่านกัมมันต์ทางการค้า พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของถ่านกัมมันต์จากเถาหนักชานอ้อยสูงสุด (ร้อยละ 90.83 ± 0.24) รองลงมาได้แก่ ถ่านกัมมันต์ทางการค้า (ร้อยละ 65.49 ± 0.46) และเถาหนักชานอ้อย (ร้อยละ 45.09 ± 0.09) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าถ่านกัมมันต์ทางการค้าจะมีพื้นที่ผิวจำเพาะ (959 ตารางเมตรต่อกรัม) สูงกว่าถ่านกัมมันต์ชนิดเกิดจากเถาหนักชานอ้อย แต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของรูพรุนเพียง 19 อังสตรอม ซึ่งจัดเป็นรูพรุนขนาดเล็ก (micropore) โดยสัดส่วนของปริมาตรของรูพรุนขนาดเล็ก (micropore volume) ต่อปริมาตรของรูพรุนทั้งหมด (total volume) มีค่าสูงถึง 93.52 % ซึ่งรูพรุนขนาดเล็กของถ่านกัมมันต์ทางการค้าน่าจะไม่เหมาะสมกับการดูดซับสีของกลูโคสไครป์

การศึกษาการแยกแยะสีของกลูโคสไครป์ออกจากถ่านกัมมันต์ชนิดเกิดจากเถาหนักชานอ้อยพบว่าเอทานอล เป็นตัวชะที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ ร้อยละ 86.58 ± 1.25 และ ร้อยละ 87.75 ± 0.87 สำหรับ BBA-AC-30 และ BBA-AC-60 ตามลำดับ ส่วน โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 โมลาร์ และน้ำกลั่นแยกแยะได้น้อยมาก และจากการศึกษาหมู่ฟังก์ชันด้วย FTIR ของถ่านกัมมันต์ชนิดเกิดจากเถาหนักชานอ้อย หลังดูดซับสีของกลูโคสไครป์ จะพบหมู่ฟังก์ชันของกลูโคสไครป์บนถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเถาหนักชานอ้อย ซึ่งตำแหน่งของความยาวคลื่นไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นกลไกการดูดซับสีของกลูโคสไครป์ด้วยถ่านกัมมันต์จากเถาหนักชานอ้อยน่าจะเป็นการดูดซับทางกายภาพ

Research Title : Decolorization of glucose syrup by granular activated carbon obtained from bagasse bottom ash

Researcher : Dr. Parinda Suksabye and Asso.Prof.Dr. Paitip Thiravetyan

Organization : Urban and Industrial Environmental Management Program, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit Rajabhat University

Academic Year: 2012

The objective of this research is to study the preparation method of granular activated carbon obtained from bagasse bottom ash for decolorization of glucose syrup. The bagasse bottom ash was mixed with glucose syrup and molass at 10:10:20 ratio (by weight). The mixer samples were produced to be activated carbon by one-step pyrolysis which combined carbonization and activated by steam simultaneously. The increase in the period of time for the activation process by steam from 30 minutes (BBA-AC-30) to 60 minutes (BBA-AC-60) resulted that the volatile matter was decreased, while the fixed carbon was increased from 56.02 % to 59.73%. In addition, the fixed carbon of granular activated carbon obtained from bagasse bottom ash increased when compared with bagasse bottom ash (fixed carbon=52.56%). The BET surface area increased from 478.81 m²/g to 615.73 m²/g with increasing the period of activation time by steam (30 minutes to 60 minutes). The BET surface area of bagasse bottom ash also was only 281.51 m²/g. The bagasse bottom ash activated carbon had average pore diameter approximately 30.61-31.42 Å, in range of mesopore, which related to suitable pore sized with colorant of glucose syrup.

The equilibrium contact time for decolorization of glucose syrup by granular activated carbon obtained from bagasse bottom ash in fixed bed column (BBA-AC-30, BBA-AC-60) was 120 minutes. However, the decolorization efficiency for BBA-AC-60 (90.63 ± 0.19 %) had higher than BBA-AC-30 (73.11 ± 0.09%) due to the fact that the BBA-AC-60 had higher BET surface area than BBA-AC-30. The effect of the height of granular activated carbon obtained from bagasse bottom ash in column was also studied. The results found that the decolorization efficiency was increased with increasing the height of the granular activated carbon obtained from bagasse bottom

ash from 2.75 cm to 5.5 cm. In addition, the decolorization efficiency for granular bagasse bottom ash activated carbon was compared among with bagasse bottom ash and commercial activated carbon. The results of the decolorization efficiency rearranged from the highest capacity were bagasse bottom ash activated carbon (90.63 ± 0.24 %), commercial activated carbon (65.49 ± 0.46 %) and bagasse bottom (45.09 ± 0.09 %). However, although the commercial activated carbon had higher BET surface area ($959 \text{ m}^2/\text{g}$) than bagasse bottom ash activated carbon (BBA-AC-60) ($615.76 \text{ m}^2/\text{g}$), the commercial activated carbon had average pore diameter approximately $19 \text{ \AA}$ and around 93.52 % of total pore volume was micropore volume (V_m/V_T). Therefore, the commercial activated carbon had lower decolorization efficiency than bagasse bottom ash activated carbon.

The granular activated carbon obtained from bagasse fly ash could be eluted by the ethanol as major eluent while 0.5 M NaOH and distilled water could be slightly eluted the colorant of glucose syrup. The functional groups of bagasse granular ash activated carbon after adsorption was measured by FTIR. The resulted indicated that IR spectrums of baggased bottom were found the peak of glucose syrup and the peak was not shifted. Form the desorption and FTIR data, the adsorption mechanism of rice bran oil colorant by bagasse bottom ash might be physical adsorption.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จด้วยดีผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ได้กรุณาให้ทุนอุดหนุนการวิจัยแก่โครงการวิจัย และขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่ให้การประสานงานแก่โครงการทำให้โครงการวิจัยสำเร็จตามวัตถุประสงค์ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท ไทยกลูโคส จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์กลูโคสไซรัป ซึ่งกลูโคสไซรัปมีความสำคัญต่องานวิจัยเป็นอย่างมาก และขอขอบคุณ รศ.ดร.ไพฑิพย์ ธีรเวชญาณ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนแก้ปัญหาต่างๆอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติ Remediation สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในการให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่ในการทดลองรวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ Remediation ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ฅ
 บทที่ 1 บทนำ	 1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
กรอบแนวคิดของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	3
นิยามศัพท์	4
ประโยชน์ที่ได้คาดว่าจะได้รับ	4
 บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	 5
ผลิตภัณฑ์กลูโคสโซลิด	5
กระบวนการผลิตกลูโคสโซลิด	5
การใช้ประโยชน์กลูโคสโซลิดในอุตสาหกรรมอาหาร	9
ชนิดของสารสีน้ำตาล	9
กระบวนการดูดซับ	11
ประเภทของการดูดซับ	12
ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ	13
การดูดซับแบบต่อเนื่องในคอลัมน์	15
ถ่านกัมมันต์	17
กระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์	19
คุณสมบัติทางเคมีที่ผิวของถ่านกัมมันต์	21
ชนิดของถ่านกัมมันต์	23

การประเมินการเลือกใช้ถ่านกัมมันต์	24
การฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์	25
เจ้าหน้าที่งานอ้อย	26
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	30
อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	30
การเตรียมถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ผลิตจากเจ้าหน้าที่งานอ้อย	31
การศึกษาคุณสมบัติและคุณลักษณะของถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากเจ้าหน้าที่งานอ้อย	35
การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสีของกลูโคสด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากเจ้าหน้าที่งานอ้อย	37
การศึกษาหมู่ฟังก์ชันของถ่านกัมมันต์ด้วย FTIR ก่อนและหลังดูดซับ	38
การศึกษาการแยะชะ (desorption) สีของกลูโคสที่ดูดซับออกจากตัวดูดซับ	38
เปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับสีของกลูโคสด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากเจ้าหน้าที่งานอ้อยกับถ่านกัมมันต์ทางการค้าและเจ้าหน้าที่งานอ้อย	39
บทที่ 4 ผลการวิจัย	40
การศึกษาคุณสมบัติและคุณลักษณะของถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากเจ้าหน้าที่งานอ้อย	40
การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสีของกลูโคสด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากเจ้าหน้าที่งานอ้อย	47
ผลการศึกษากฎเกณฑ์การดูดซับสีของกลูโคสด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากเจ้าหน้าที่งานอ้อย	53
เปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับสีของกลูโคสด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดกับตัวดูดซับอื่นๆ	56
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	58
สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย	58
ข้อเสนอแนะ	61
รายการอ้างอิง	62

ภาคผนวก

66

ประวัติผู้วิจัย

73

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัสดุต่างชนิดกัน	19
2.2 องค์ประกอบทางเคมีของถ่านกัมมันต์	26
4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบ Proximate analysis ของถ่านกัมมันต์และถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ผลิตจากถ่านกัมมันต์ที่ระยะเวลาการเผากระตุ้นด้วยไอน้ำแตกต่างกัน	42
4.2 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของตัวดูดซับ	45
4.3 พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ผลิตจากถ่านกัมมันต์ที่ระยะเวลาการเผากระตุ้นด้วยไอน้ำแตกต่างกัน	46
4.4 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับสีกลูโคสไครปด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากถ่านกัมมันต์	48
4.5 ค่าพีเอชหลังการดูดซับสีกลูโคสไครปด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากถ่านกัมมันต์ที่ระยะเวลาดูดซับต่างๆ	50
4.6 ผลของความสูงของถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์ต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีกลูโคสไครป	51
4.7 ผลของพีเอชหลังการดูดซับสีของกลูโคสไครปด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากถ่านกัมมันต์	52
4.8 ประสิทธิภาพการแยกสีของกลูโคสไครปออกจากถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ผลิตจากถ่านกัมมันต์	55
4.9 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับสีกลูโคสไครปของตัวดูดซับชนิดต่างๆ	57

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงอุตสาหกรรมการย่อยแบ่งเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ	8
2.2 ปฏิกริยาเมลลาร์ด (maillard reactions)	11
2.3 กลไกการดูดซับ	12
2.4 ลักษณะของ Breakthrough Curve สำหรับตัวดูดซับแบบ Fixed-Bed column	16
2.5 รูปแบบการดูดซับในคอลัมน์แบบไหลต่อเนื่อง	17
2.6 โครงสร้างของกราฟไฟต์	18
2.7 โครงสร้างของถ่านกัมมันต์	18
2.8 โครงสร้างความเป็นกรด-ด่างที่ผิวของถ่านกัมมันต์	22
3.1 ขั้นตอนการเตรียมถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ผลิตจากถ่านหินซันอ้อย	33
3.2 ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากถ่านหินซันอ้อยที่เตรียมได้	34
4.1 ภาพถ่ายจาก SEM ของ ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากถ่านหินซันอ้อย	43
4.2 กราฟแสดงของเวลาในการดูดซับสีกลูโคสไธไรป์ด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ผลิตจากถ่านหินซันอ้อย	48
4.3 กราฟแสดงผลของความสูงของถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากถ่านหินซันอ้อยในคอลัมน์ต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีกลูโคสไธไรป์	51
4.4 การเปรียบเทียบหมู่ฟังก์ชันของถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากถ่านหินซันอ้อย BBA-AC-30 ก่อนและหลังดูดซับสีกลูโคสไธไรป์	53
4.5 การเปรียบเทียบหมู่ฟังก์ชันของถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดจากถ่านหินซันอ้อย BBA-AC-60 ก่อนและหลังดูดซับสีกลูโคสไธไรป์	54